

на клеточную стенку бактерий, делая ее проницаемой для различных соединений, в том числе для токсичных, а "Полисепт" (гуанидиновое соединение), являясь аналогом азотистых оснований, индуцирует генные мутации. Совместное действие Амирола М и "Полисепта" на тионовые бактерии могло взаимно усилить ингибирующий эффект.

Однако как показали результаты двухфакторного эксперимента, эффект синергизма в ингибировании развития тионовых бактерий при совместном использовании Амирола М и "Полисепта" не наблюдался.

Результаты экспериментов свидетельствуют о высокой степени устойчивости накопительной культуры тионовых бактерий, развивающейся в среде с бетоном, к воздействию химических биоцидных факторов, что обусловлено, вероятно, иммобилизацией бактерий на химически активном носителе. Необходимость больших концентраций химических биоцидов для борьбы с тионовыми бактериями в сетях водоотведения может вызвать гибель сапрофитных микроорганизмов активного ила на очистных сооружениях, поэтому их можно использовать для ограниченной обработки только сводовой части.

1. Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В. Ремонт и восстановление канализационных сетей и сооружений. – Харьков: Рубикон, 1999. – 368 с.

2. Бабич Е.М., Калиушко Г.М., Петков А.А., Харитонов Е.В. Обеззараживание поверхностей с помощью импульсного ультрафиолетового излучения // Сборник ХИСП. Вып.3. – Харьков: ХИСП, 1998. – С. 84-86.

3. Кузнецов О.Ю., Данилина Н.И. Очистка и обеззараживание воды бактерицидным полизлектролитом // Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – №12. – С. 8-10.  
Получено 24.04.2002

УДК 666.983

**И.А.ЕМЕЛЬЯНОВА, д-р техн наук, Д.В.НИКОНОВ**

*Харьковский государственный технический университет  
строительства и архитектуры*

**А.Н.БАРАНОВ, д-р техн. наук**

*Украинская инженерно-педагогическая академия, г.Харьков*

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

Приведены теоретические основы проникания струи воздуха в поток бетонной смеси как пластически сжимаемой среды и определения поля давлений по законам квазистационарного обтекания вращающегося цилиндра.

Композиционный способ транспортирования предусматривает последовательное транспортирование смеси на первом этапе поршневым насосом, а на втором этапе - сжатым воздухом. Комплект оборудо-

дования композиционного транспортирования [1] включает в себя насос, трубопроводы, пневмокамеру, компрессорную установку и гаситель. В пневмокамеру прямоточным растворобетоннасосом с постоянной скоростью подается бетонная смесь, а от передвижной компрессорной установки поступает сжатый воздух. В камере происходит разрушение сплошного потока бетонной смеси и в дальнейшем уже наблюдается движение воздушно-бетонного потока, в котором смесь представлена отдельно летящими частицами. Структура воздушно-бетонного потока зависит от характера взаимодействия потоков бетонной смеси и сжатого воздуха. Пневмокамера (рис.1) состоит из трех элементов: камеры смешения (позиция 1 на рис.1), где происходит взаимодействие потоков бетонной смеси и сжатого воздуха, воздушной камеры (позиция 2 на рис.1), выполняющей функции ресивера и распределителя воздуха, и камеры перехода от камеры смешения к транспортирующему трубопроводу (позиция 3 на рис.1).

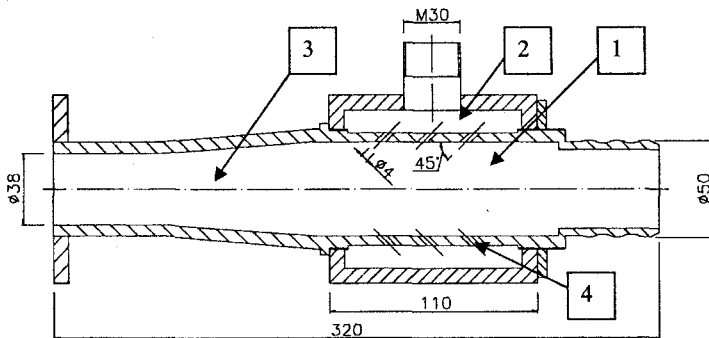


Рис.1 – Пневмокамера для композиционного способа транспортирования

Во время транспортирования смеси потоком сжатого воздуха свободная вода диспергируется и присутствует в воздухе в виде капель, размер которых зависит от параметров процесса разрушения потока бетонной смеси струей воздуха. Конструкция камеры должна обеспечить разрушение структур объединенных частиц бетонной смеси, образованных за счет сил поверхностного натяжения воды, а также создание достаточно мелких капель воды, которые при разделении воздушно-бетонной смеси в гасителе будут унесены воздухом.

В камеру смешения воздух поступает из воздушной камеры через ряд сопел круглого сечения (позиция 4 на рис.1). В зависимости от дальности транспортирования, реологических характеристик бетонной смеси и ее гранулометрического состава может понадобиться из-

менение скорости воздушных струй. В этом случае предусмотрена возможность изменения количества сопел. Учитывая, что каждый ряд сопел создает вихревую структуру в камере смешения, размеры крупномасштабных вихревых структур составляют 70-75% от диаметра камеры, расстояния между рядами сопел соответствуют началу пути разрушения крупномасштабного вихря, т.е. 50% от диаметра камеры смешения. С целью минимизации местных сопротивлений при перекачивании бетонной смеси диаметр камеры смешения принимаем равным диаметру трубопровода подачи бетонной смеси в нее.

Проникание струи воздуха в бетонную смесь описывается задачей в следующей постановке [2]. Струя воздуха со скоростью  $V_0$  ударяется о сплошной поток бетонной смеси, подаваемой бетононасосом. Головная часть контактной поверхности струи воздуха с бетонной смесью – полусфера диаметра  $D$ . Струя образована с помощью сопла кругового сечения диаметром  $d$  и проникает в среду с постоянной скоростью  $U$ . Плотность бетонной смеси  $\rho_0$  намного больше плотности воздуха  $\rho$  в струе, а скорость ее проникания  $U$  существенно меньше скорости  $V_0$ .

Определяющим в силовом воздействии среды на контактную поверхность является распределение давления на нее. Суммарная сила воздействия среды на контактную поверхность равна результирующей силе давления на поверхность головной полусферы диаметра  $D$ .

В случае, когда относительная скорость  $V$  дозвуковая ( $V < c$ ), ударная волна в струе не возникает и давление струи в лобовой точке  $S$  контактной поверхности ( $p$ ) определяем равенством

$$p - p_0 = \frac{c^2 \rho}{\eta} \left[ \left( 1 + \frac{(\eta - 1)V^2}{2c^2} \right)^{\frac{\eta}{\eta - 1}} - 1 \right], \quad (1)$$

где  $\eta$  – показатель адиабаты;  $p_0$  – давление в пневмокамере.

Диаметр полусферы контакта ( $D$ ) связан с диаметром сопла ( $d$ ) формулой

$$D = d \left( \frac{2 + b}{b(2 - b)\sqrt{n_1 + n_2}} \sqrt{2 + b + \sqrt{b(2 - b)}} \right), \quad (2)$$

где  $b$  – коэффициент уплотнения бетонной смеси при объемной пластической деформации;

$$n_1 = \frac{4}{\eta + 1} \left( 1 - \frac{c^2}{V^2} \right);$$

$$n_2 = \frac{\eta + 1}{\eta} \left( \frac{(\eta + 1)^2 M^2}{4\eta M^2 - 2(\eta - 1)} \right)^{\frac{1}{\eta - 1}} - \frac{4\eta M^2 - 2(\eta - 1)}{\eta(\eta + 1)M^2};$$

$$V = V_0 - U;$$

$$M = V/c.$$

Скорость проникания струи находим из уравнения

$$\rho_0 U^2 (2 - b) = \rho V^2 \frac{2}{\eta M^2} \left[ \left( 1 + \frac{\eta - 1}{2} M^2 \right)^{\frac{\eta}{\eta - 1}} - 1 \right]. \quad (3)$$

Отношение  $D/d$  зависит от степени уплотнения пластически сжимаемой среды (параметра  $b$ ) и суммы  $n_1 + n_2$  чисел, характеризующих торможение струи. Изменяя скорость воздуха, можно регулировать давление в зоне контакта и управлять процессом разрушения потока бетонной смеси, поступающего в камеру смешения. В результате разрушения сплошного потока бетонной смеси в камере смешения создается воздушно-бетонный поток.

Чтобы частицы бетонной смеси подхватывались в камере смешения вихрями и летели в трубопроводе во взвешенном состоянии, необходимо, чтобы произведение угловой скорости вихря на его радиус и пульсационная составляющая скорости воздушного потока в трубопроводе были одного порядка со скоростью витания частиц.

Пульсации давления и скорости в воздушно-бетонном потоке возникают под действием крупных вихрей. Крупные вихри образуются при турбулентном обмене конечными массами, происходящем между соседними слоями потока с неодинаковой завихренностью  $\omega$  и разной осредненной скоростью. Линейный масштаб вихря ограничен диаметром камеры, при этом пограничный слой у стенки и поперечные флуктуации вихря уменьшают размер вихря до 0,7-0,75 диаметров камеры.

Поле давлений, возникающее вокруг вихря, можно определить приближенно по законам квазистационарного обтекания вращающегося кругового цилиндра идеальной несжимаемой жидкостью. В прямоугольной системе координат, начало которой совпадает с осью вихря,

потенциал скорости такого обтекания при относительной скорости  $U_0$  имеет вид [3]

$$\varphi = U_0 \left( x + \frac{r_0 x}{x^2 + y^2} \right) \pm \frac{\Gamma}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{y}{x}, \quad (4)$$

где  $\Gamma$  – циркуляция вихря;  $r_0$  – радиус вихря.

Направление обтекания совпадает с осью  $x$ , ось  $y$  направлена поперек потока. Начало координат помещено в центре вихря. Оба знака перед вторым слагаемым равновероятны ввиду знакопеременности пульсаций скорости и вихря.

Продольная ( $u$ ) и поперечная ( $v$ ) относительные скорости обтекания (при  $x^2 + y^2 \geq r_0$ ) равны соответственно  $u = \partial\varphi/\partial x$ ,  $v = \partial\varphi/\partial y$ .

Поле давлений определяем из уравнения Бернулли:

$$\frac{2p'}{\rho U_0^2} = \frac{2(p - p_c)}{\rho U_0^2} = 1 - \frac{u^2 + v^2}{U_0^2}. \quad (5)$$

Наибольшее отклонение ( $p'$ ) от давления невозмущенного потока ( $p_c$ ) достигается в плоскости  $x=0$ , где  $v=0$ , а максимум этой величины ( $p_{\max}$ ) получается в точках  $x=0$ ,  $y=\pm r_0$  на поверхности вихря (знак в формуле (5) зависит от направления скорости  $U_0$ , которое изменяется при пульсациях).

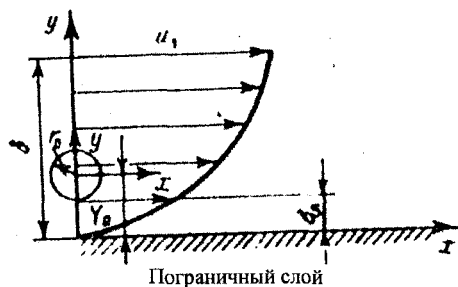


Рис.2 – Схема турбулентного течения в камере смешения с крупными вихрями

Поле давления (5), квазистационарное относительно вихря, сохраняется и в истинном течении, но перемещается с центром вихря, скорость которого равна местной осредненной скорости потока. Полушающаяся таким образом бегущая волна давления не дает оседать частицам бетонной смеси, которые находятся в вихре, и движение воздушно-бетонного потока осуществляется с малой степенью контакта

частиц и стенок трубопровода.

Расчет пневмокамеры для композиционного транспортирования выполняем в следующей последовательности:

- 1) по заданной производительности транспортирования бетонной смеси находим минимальный расход воздуха;
- 2) давление струи воздуха определяется необходимой степенью диспергирования свободной воды;
- 3) по давлению струи воздуха рассчитываем скорость воздуха, подаваемого соплами, по формуле (1);
- 4) параметры струи воздуха и диаметр сопел устанавливаем по формулам (2), (3). Скорость проникания струи должна обеспечить разрушение потока бетонной смеси, подаваемого насосом в камеру смешения;
- 5) расход воздуха и его скорость определяют количество сопел;
- 6) давление в воздушной камере рассчитываем по скорости воздуха, подаваемого соплами в камеру смешения, и давлению в камере смешения, обеспечивающему преодоление сопротивления в трубопроводе и создание поля давлений для транспортирования воздушно-бетонного потока по трубопроводу с учетом зависимостей (4) и (5).

Для комплекта оборудования композиционного транспортирования производительностью  $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$  бетонной смеси с максимальным диаметром заполнителя был выбран компрессор производительностью  $5,25 \text{ м}^3/\text{мин}$  и разработана пневмокамера (рис.1) с диаметром камеры смешения 50 мм и камерой перехода к транспортирующему трубопроводу диаметром 38 мм.

В таблице приведена характеристика комплекта оборудования композиционного транспортирования бетонных смесей с различным максимальным диаметром заполнителя.

Максимальный диаметр заполнителя, мм	Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$	Диаметр камеры смешения, мм	Диаметр трубопровода, мм
5	1,2	0,94	25	18
10	3,6	5,25	50	38
15	6,9	11,6	68	50
20	15,6	27,2	90	70
25	28,4	53,6	115	90

1.Емельянова И.А., Баранов А.Н., Никонов Д.В. Особенности композиционного транспортирования строительных смесей // Вестник ХГАДТУ. Вып.11. – Харьков: ХГАДТУ, 2000. – С. 131-135.

2.Емельянова И.А., Баранов А.Н., Никонов Д.В. Теоретические основы взаимодействия потоков бетонной смеси и сжатого воздуха при композиционном транспорти-

ровании. // Збірник наукових праць. Вип.6. — Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 2000. — С. 34-37.

3. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй. — М.: Наука, 1984. — 717 с.

Получено 15.05.2002

УДК 624.016 : 624.046.3

В.Н.РУДАКОВ, канд. техн. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

## **К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРЕДЕЛОВ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА ОСЕВОЕ СЖАТИЕ, РАСТЯЖЕНИЕ И СДВИГ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В рамках теории скольжения определена функциональная зависимость предела прочности бетона на осевое сжатие  $R_b$  ( $R^*_b$ ) от соотношения  $h/a$ , где  $a$  — сторона основания тетрагональной призмы,  $h$  — высота. Показано, что экстремальное значение  $R_b$  соответствует опытному параметру бетона, полученному при осевом раздавливании призмы высотой  $h=a \cdot \operatorname{tg} \Phi$ , где  $\Phi$  — угол скольжения (угол наклона кристаллической плоскости скольжения к основанию призмы). Пределы прочности на растяжение и сдвиг определены из условия тривиальности главного вектора поверхностных (внутренних и внешних) сил, действующих на конечный объем бетонного образца, ограниченный поверхностью опорной грани и огибающей поверхностью линий скольжения.

Энергетический кризис в народном хозяйстве вызвал резкий рост стоимости энергоносителей, которые, в свою очередь, привели к значительному удорожанию строительных материалов. Оптимизация несущих строительных конструкций требует снижения их массы и стоимости. Это касается, в первую очередь, основных конструкционных материалов — стали и бетона. По исследованиям авторов [1] наиболее перспективными конструкциями, обеспечивающими экономию этих материалов, энерго- и трудозатрат, могут быть комплексные сталежелезобетонные конструкции, например, трубобетонные, в которых благодаря сочетанию *особых* физико-механических свойств стали (вязкости) и бетона (высокому углу скольжения) удастся добиться (при осевом сжатии) двух- и трехкратного упрочнения бетонного ядра.

Поэтому прогнозирование надежности работы рассматриваемых конструкций требует комплексных знаний о поведении этих материалов в условиях их совместной работы. И, прежде всего, установлению адекватности инвариантных контурных интегралов и практически измеряемых параметров: пределов прочности бетона на осевое сжатие, растяжение и чистый сдвиг.

Существующие методы определения прочности бетонов по контрольным образцам [2] не позволяют дифференцированно использовать прочностные характеристики бетонов в областях их рационально-